پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۲، نیمۀ دوم ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۶۲-۱۴۹
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 149-162 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68714

بررسی اثرات سوپرجاذب و آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiata* L.)

عبدالمجید سهیل‌نژاد[1]، عبدالمجید مهدوی دامغانی[2]*، هومان لیاقتی[2] و پیام پزشکپور[3]

۱- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران، soheilnejad@yahoo.com
۲- دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
(به‌ترتیب mmd323@yahoo.com و h_liaghati@sbu.ac.ir)
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران، papezeshkpour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات سوپرجاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش، آزمایشی به‌صورت کرت های خردشده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژول‌های سوپرجاذب آکوازورب در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که کمبود آب باعث کاهش صفات حجم ریشه، وزن خشک ریشه و افزایش طول کل ریشه‌ها شد، به‌طوری‌که کمترین مقدار حجم ریشه (۳/۱۱سانتی متر مکعب تک بوته) و وزن خشک ریشه (۰/۹۳گرم تک بوته) و بیشترین مقدار طول کل ریشه‌ها (۹/۱سانتی‌متر در بوته) در دور پنج روز آبیاری به‌دست آمد. کاربرد پلیمر سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی و عملکرد دانه را افزایش داد. بیشترین کارآیی مصرف آب (۱/۲کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) در تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد و کمترین مقدار (۰/۳۱کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی) آن در تیمار دور آبیاری پنج‌روز و عدم مصرف سوپرجاذب ثبت گردید. به‌طور میانگین در هر دو منطقه بیشترین عملکرد دانه (۱۹۶۶کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۰روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کمترین مقدار آن (۱۱۶۷کیلوگرم در هکتار) در تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۳۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد. به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که سوپرجاذب آکوازورب در شرایط کمبود آب باعث بهبود عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب گیاه ماش گردید و این ماده در دورهای آبی زیاد و محدودیت آب، باعث جلوگیری از اثرات منفی محدودیت آب بر عملکرد دانه گیاه ماش شد. این مطالعه مشخص کرد که مقدار بهینه کاربردی سوپرجاذب آکوازورب به‌ویژه در شرایط محدودیت آب برابر با ۲۰۰کیلوگرم در هکتار بود و با کاربرد بیشتر از ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در شرایط محدودیت آب در این ماده اثرات منفی بر عملکرد دانه داشت. همچنین اگرچه برهمکنش سوپرجاذب و دور آبیاری بر صفات ریشه‌ای معنی‌دار نبود، ولی اثرات ساده این ماده نشان‌دهنده اثرات مثبت آب بر بهبود صفات ریشه‌ای اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، طول کل ریشه‌ها، عملکرد دانه، مناطق

مقدمه

در حال حاضر حدود ۷۰درصد پروتئین گیاهی مورداستفاده انسان توسط غلات و حبوبات تأمین می‌شود، اما به‌دلیل کم‌بودن میزان پروتئین غلات (۱۲-۹درصد) و زیادبودن آن در حبوبات (۳۲-۱۸) توجه کشورهای درحال‌توسعه به مصرف حبوبات به‌عنوان منبع مهم تأمین‌کننده پروتئین جلب شده است (Keikha *et al.*, 2016). حبوبات دومین منبع غذایی پس از غلات و عمده‌ترین منبع پروتئین گیاهی به‌شمار می‌روند (Jahan *et al.*, 2013). ماش با نام علمی *Vigna radiata* متعلق به خانواده لگومینوز است و دانه‌های آن سرشار از ویتامین بوده و حدود ۲۳/۶درصد پروتئین دارد (Keikha *et al.*, 2016).

خشکی رایج‌ترین تنش محیطی و یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان به‌شمار می‌رود (Tongo *et al.*, 2014). این تنش محیطی جنبه‌های مختلف رشد گیاه را از طریق تغییر در ساختارهای بیوشیمیایی،

* نویسنده مسئول: mmd323@yahoo.com

فیزیولوژی و مورفولوژی، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Du *et al.*, 1998). ازجمله این تغییرات می‌توان به افزایش نسبت وزن خشک یا طول ریشه به ساقه اشاره کرد (Osuagwu *et al.*, 2010). مشکل تنش خشکی را می‌توان با راهکارهایی مانند کاهش تلفات آب با توجه به درک بهتر از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه برای سازگاری به خشکی و افزایش بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از اصلاح خاک و افزودنی‌هایی مانند پلیمرهای سوپرجاذب که می‌توانند مقادیر قابل‌توجهی از آب را در خود ذخیره کرده و باعث افزایش توانایی خاک در ذخیره آب شده و درنهایت رشد گیاه را بهبود بخشند، حل کرد. پلیمرهای سوپرجاذب در سه دسته کوپلی‌مرهای نشاسته اکریلات، پلی‌اکریل آمیدها و پلی وینیل الکل‌ها دسته‌بندی می‌شوند (Haghighi *et al.*, 2014). مقدار جذب آب در این پلیمرها به عوامل مختلفی ازجمله فرمول‌بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک بستگی داشته و تا ۴۰۰برابر وزن سوپرجاذب می‌تواند متغیر باشد (Monnig, 2005). این خصوصیات برای مقابله با شرایط کم‌آبی و کاهش اثرات مضر تنش خشکی در گیاهان از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

در طی سال‌های اخیر مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از این پلیمرها در شرایط تنش آبی در محصولات مختلف زراعی انجام شده است. بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی در گیاه لوبیا نشان داد که پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش تحمل به تنش لوبیا شد و در صورت استفاده از سوپرجاذب می‌توان فواصل آبیاری را افزایش داد و از اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه جلوگیری کرد و درنهایت باعث افزایش کارآیی مصرف آب شد (Pouresmaeil *et al*., 2012). نتایج تحقیقی (Arabi *et al*, (2015 بر روی اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل بر گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص کرد که تیمار آبیاری ۸۰درصد ظرفیت زراعی و ۱۰۰کیلوگرم سوپرجاذب بهترین تیمار از لحاظ صرفه اقتصادی بود، زیرا می‌توان با مصرف کمتر آب و پلیمر سوپرجاذب به همان عملکرد مناسب دست یافت. پژوهشی در زمینه تنش آبی و سوپرجاذبA200 بر عملکرد ذرت (*Zea maize* L.) بیانگر این موضوع بود که تنش آبی و سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (Fazeli Rostampour *et al.*, 2011). با به توجه اثرات مثبت سوپرجاذب بر روی خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه در شرایط محدودیت آب، این تحقیق با هدف بررسی اثرات سوپرجاذب و دور آبیاری بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه ماش انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بهار سال زراعی۱۳۹۴ در دو منطقه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان خرم‌آباد (عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۰دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۲۰دقیقه شرقی و ارتفاع۱۲۰۰متر از سطح دریا) و در شهرستان کوهدشت (عرض جغرافیایی ۳۳درجه و ۳۱دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷درجه و ۳۷دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۸۷متر از سطح دریا) در استان لرستان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت) انجام شد. کرت‌های اصلی شامل دور آبیاری در سه سطح (پنج، ۱۰ و ۱۵روز) و کرت‌های فرعی شامل مقادیر مختلف هیدروژل‌های سوپرجاذب آکوازوربPR3005 در چهار سطح (شاهد، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰کیلوگرم در هکتار) بودند. شایان ذکر است سوپرجاذب آکوازورب مورداستفاده در این تحقیق تولید شرکتSNF فرانسه و از نماینده انحصاری آن در ایران (شرکت بشری امین؛ شهرستان تهران) تهیه گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش را در جدول ۱ آمده است. مقدار آب مصرفی برای تیمارهای دور آبیاری در طول فصل رشد به ترتیب برای سطح‌های پنج، ۱۰ و ۱۵روز برابر با ۱۵۰۰، ۲۲۵۰ و ۴۵۰۰مترمکعب آب در هکتار بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری
Table 1. Soil physical and chemical properties of the experimental sites at 0–30 cm soil depth

منطقه Location	طبقه خاک Soil classification	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته (pH)	کربن آلی (O.C) (درصد) (%)
		قسمت در میلیون (ppm)				
خرم آباد (Khorramabad)	رسی لوم (Clay loam)	25.4	123	85	7.8	0.7
کوهدشت (Kuhdasht)	سیلتی رسی لوم (Silty clay loam)	32.6	200	93	7.1	0.4

مراحل آماده‌سازی هر دو مزرعه شامل شخم و دو دیسک عمود برهم به‌منظور خردکردن کلوخه‌ها صورت گرفت. عملیات کاشت به‌صورت دستی انجام شد. عمق کاشت سه تا پنج‌سانتی‌متر بود و سوپرجاذب آکوازورب به‌صورت نواری در زیر بذر پخش و روی آن با خاک پوشیده شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت چهارمتری با فاصله بین ردیف و روی ردیف ۵۰ و ۱۰سانتی‌متر بود که دو خط کناری به‌منظور رعایت اثر حاشیه و سه خط میانی برای نمونه‌برداری درنظرگرفته شدند. در این پژوهش از ماش رقم پرتو استفاده شد که دارای خصوصیاتی شامل رنگ سبز تیره و گرد بذر، مقاوم به بیماری‌ها، وزن۱۰۰۰دانه ۴۰گرم و طول فصل رشد ۷۳روز بود. در مرحله دو تا سه‌برگی عملیات تنک‌کردن به‌صورت دستی بر اساس تراکم موردنظر (۲۰بوته در مترمربع) صورت گرفت. به‌منظور مبارزه با علف‌های‌هرز نیز در طول فصل رشد وجین دستی علف‌های‌هرز در سه مرحله (هم‌زمان در مرحله تنک کردن، دوهفته بعد از تنک‌کردن و مرحله گلدهی) انجام گرفت. در پایان دوره رشد صفات مختلفی شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه، طول کل ریشه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری خصوصیات ریشه در هر بوته از یک پروفایل استوانه‌ای شکل به شعاع پنج‌سانتی‌متر و عمق ۲۰سانتی‌متر استفاده گردید. سپس دو نمونه در بین ردیف‌ها و در روی ردیف‌های هر کرت انتخاب و صفات اندازه‌گیری‌شده به‌صورت زیر تعیین گردیدند. برای محاسبه طول ریشه اصلی، پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و سپس میانگین آن‌ها درنظرگرفته شد (از محل طوقه تا انتهای ریشه). طول و حجم ریشه‌ها بر اساس روش اتکینسون (Atkinson, 2000) محاسبه شد. برای اندازه‌گیری طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی‌متر از رابطه زیر استفاده شد (Alizadeh, 2009):

معادله ۱:

$$TRL= RDW\times 0.89$$

در این معادله، TRL طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر، RDW وزن خشک ریشه‌ها و ضریب 0.89 بیانگر نسبت طول ریشه به وزن خشک ریشه (سانتی‌متر برگرم) است. نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ساعت در دمای ۸۰درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از خشک‌شدن، با استفاده از ترازوی دیجیتال، توزین و وزن خشک ریشه‌ها برحسب‌گرم تعیین شد. پس از تعیین وزن خشک نمونه‌ها، حجم ریشه در بوته توسط استوانه مدرج تعیین شد. سطح کل ریشه‌ها نیز با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Alizadeh, 2009):

معادله ۲:

$$TRA= 2\times (RV\times \pi\times TRL) \times 0.5$$

در این معادله، TRA سطح کل ریشه‌ها برحسب سانتی مترمربع، RV حجم ریشه برحسب سانتی‌مترمکعب، π عدد ۳/۱۴ و TRL برابر با طول کل ریشه‌ها برحسب سانتی متر است. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 انجام شد. به‌منظور مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که قبل از تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسات میانگین از آزمون یکنواختی واریانس خطاها (بارتلت) استفاده گردید. نتایج این آزمون غیرمعنی‌دار بود و بنابراین تجزیه واریانس داده‌های آزمایش به‌صورت مرکب انجام گرفت و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار OriginPro 9.1 استفاده گردید.

نتایج و بحث

حجم ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت حجم ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). در بین مناطق موردبررسی ازنظر مقدار حجم ریشه، خرم‌آباد با ۰/۴۸سانتی‌مترمکعب اختلاف نسبت به منطقه کوهدشت برتر بود و از این لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). در بین دورهای مختلف آبیاری بیشترین و کمترین مقدار حجم ریشه مربوط به دور پنج‌روز و ۱۵روز بود و اختلاف این دو تیمار در این زمینه برابر با ۰/۳۲سانتی‌مترمکعب بود (شکل ۲). لازم به ذکر است که از لحاظ صفت مذکور بین دورهای پنج و ۱۰روز از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج یک بررسی نشان داد که تنش آبی از طریق کاهش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی باعث کاهش تولید و انتقال اسیمیلات به ریشه‌ها می‌شود که خود باعث کاهش حجم و وزن خشک ریشه می‌شود (Ganjeali & Bagheri, 2011). در بین مقادیر مختلف سوپرجاذب نیز بیشترین و کمترین حجم ریشه مربوط به مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و عدم مصرف سوپرجاذب بود که با مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب مقدار حجم ریشه به میزان ۲۳درصد نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب افزایش پیدا کرد (جدول ۳). کاربرد سوپرجاذب می‌تواند حجم ریشه گیاه را افزایش دهد. این ماده از طریق حفظ رطوبت و نیز ایجاد حالت انبساط باعث بهبود تهویه و نفوذپذیری آب و همچنین نگهداری بیشتر آب در خاک می‌شود (Islam *et al.*, 2011) که این موضوع موجب افزایش حجم ریشه گیاه می‌شود. از سوی دیگر کاربرد این ماده سبب بهبود نفوذپذیری خاک و نیز

بهبود شرایط فیزیکی و کاهش وزن ظاهری خاک می‌شود. به‌عنوان‌مثال در یک تحقیق، این پلیمرها وزن مخصوص ظاهری خاک شنی را از ۱/۶۱۶ به ۱/۵۸۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب و وزن مخصوص ظاهری خاک شنی رسی را از ۱/۳۳۱ به ۱/۲۰۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب کاهش دادند (Azzam, 2006).

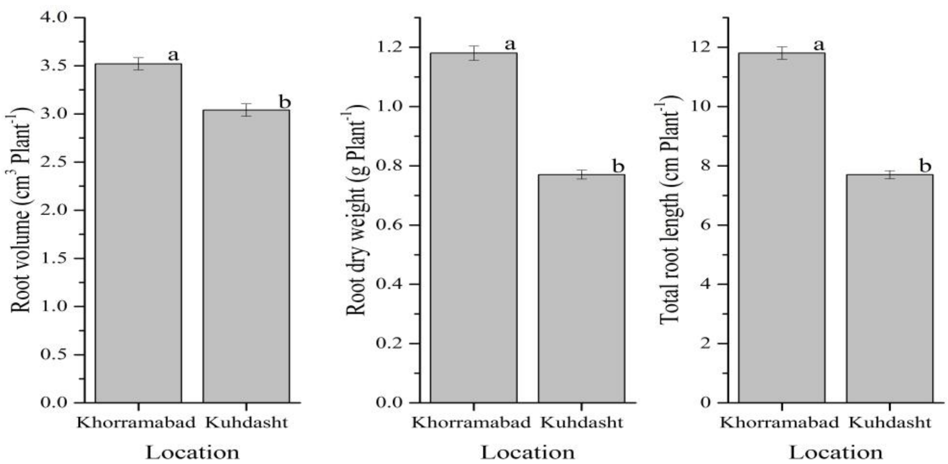
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات موردمطالعه حاصل از دو منطقه (خرم‌آباد و کوهدشت)

Table 2. Analysis of variance for different traits of two locations (Khorramabad and Kuhdasht)

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حجم ریشه Root volume	وزن خشک ریشه Root dry matter	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه Shoot weight / root weight	سطح کل ریشه در بوته Total root area	طول کل ریشه‌ها Total root length	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter	عملکرد دانه Grain yield	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
منطقه Location (L)	1	5.46^{**}	4^{**}	5223^{**}	639^{**}	3.16^{**}	45.3^{**}	325371^{*}	0.026^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	0.250^{*}	0.032^{*}	190^{**}	10.4^{**}	0.025^{*}	72^{**}	526354^{**}	2.17^{**}
L × I	2	0.260^{ns}	0.002^{ns}	92.7^{**}	4.43^{*}	0.001^{ns}	41.3^{**}	315924^{**}	0.006^{ns}
اشتباه اصلی (Error s)	12	0.050	0.006	12.7	0.830	0.005	57.5	51848	0.011
سوپرجاذب Superabsorbent (S)	3	1.60^{**}	0.312^{**}	14.5^{ns}	31.6^{**}	0.081^{**}	5.88	1369537^{**}	0.387^{**}
L × S	3	0.110^{ns}	0.000^{ns}	1.55^{ns}	3.02^{ns}	0.000^{ns}	20^{ns}	136350^{**}	0.007^{ns}
I × S	6	0.130^{ns}	0.005^{ns}	17.7^{ns}	0.480^{ns}	0.004^{ns}	77.8^{**}	44840^{*}	0.023^{**}
L × I × S	6	0.100^{ns}	0.008^{ns}	24.6^{ns}	1.16^{ns}	0.006^{ns}	2.66^{ns}	28968^{ns}	0.004^{ns}
اشتباه فرعی (Error e)	54	0.110	0.195	15.5	1.19	0.003	2.85	17065	0.007
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.2	6.5	10.23	11.85	6.5		8.26	12.8

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک‌درصد و پنج‌درصد

ns, * and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively

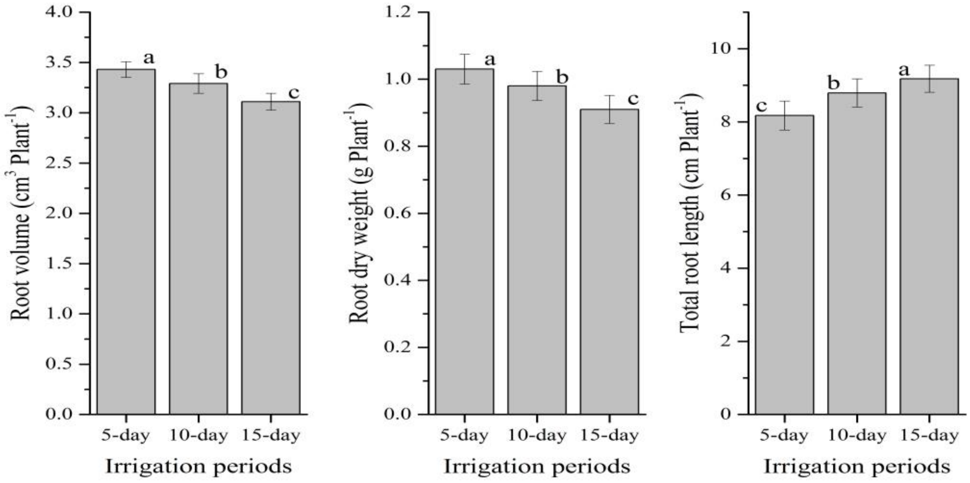


شکل ۱- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدشت

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 1. Root volume, root dry matter and total root length in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.



شکل ۲- حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 2. Root volume, root dry matter and total root length under the effect of different periods of irrigation

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

جدول ۳- اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب بر حجم ریشه، وزن خشک ریشه، سطح کل ریشه و طول کل ریشه گیاه ماش

Table 3. The effect of different levels of superabsorbent on root volume, root dry matter and total root length of mung bean

سوپرجاذب **Superabsorbent**	حجم ریشه **Root volume ($cm^3.plant^{-1}$)**	وزن خشک ریشه **Root dry matter ($g. Plant^{-1}$)**	سطح کل ریشه‌ها **Total root area ($cm^2.plant^{-1}$)**	طول کل ریشه‌ها **Total root length ($cm. plant^{-1}$)**
Control	2.93[d*]	0.840[d]	7.07[d]	7.5[d]
100 Kg ha^{-1}	3.22[b]	0.930[c]	8.48[c]	8.3[c]
200 Kg ha^{-1}	3.62[a]	1.10[a]	11.5[a]	9.8[a]
300 Kg ha^{-1}	3.34[b]	1.02[b]	9.78[b]	9.1[b]

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

وزن خشک ریشه

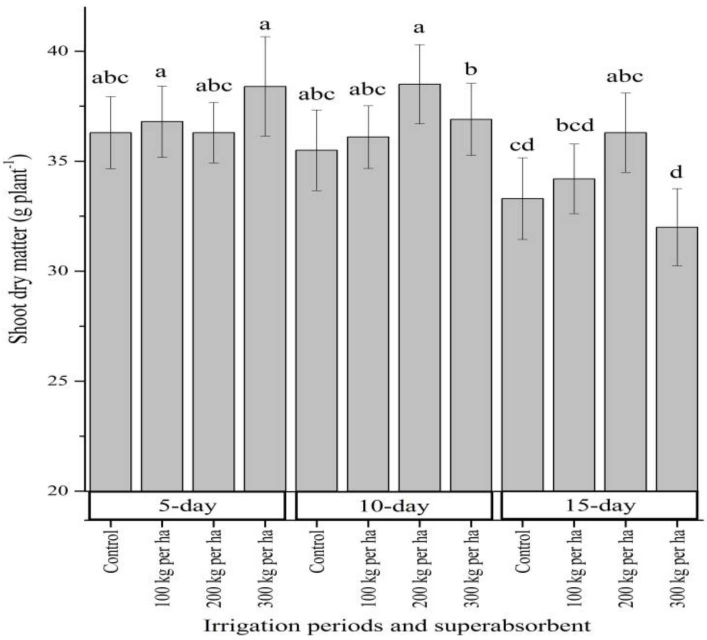
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین صفت مذکور در هر دو منطقه مورد مطالعه نشان داد که شهرستان خرم‌آباد با اختلافی به‌اندازه ۰/۷۷گرم تک‌بوته ازنظر وزن خشک ریشه نسبت به شهرستان کوهدشت برتری داشت (شکل ۱). در بین دورهای آبیاری، بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز و ۱۵روز بود که با افزایش دور آبیاری از پنج‌روز به ۱۵روز ۱۲درصد وزن ریشه کاهش یافت (شکل ۲). تنش آبی قادر است وزن خشک ریشه و بازده گیاه را کاهش دهد (Keck *et al*., 1984). تنش آبی از طریق برهم زدن تعادل تغذیه‌ای باعث کاهش بازده گیاه و وزن خشک ریشه گیاه می‌شود (Lewis *et al*., 1986). نتایج مطالعات دیگر نیز نشان‌دهنده اثرات منفی کمبود آب خاک بر وزن خشک ریشه گیاه بوده است (Shaban *et al*., 2011).

نتایج نشان داد که در بین سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب، کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار نسبت به عدم مصرف سوپرجاذب مقدار وزن خشک ریشه را ۳۰درصد افزایش می‌دهد (جدول ۳). افزایش وزن خشک ریشه در سطوح مصرفی سوپرجاذب درواقع نشان‌دهنده تأثیر این پلیمر بر بهبود خصوصیات خاکی (Azzam, 2006) و افزایش نفوذپذیری بهتر ریشه و به‌موازات آن رشد بهتر ریشه می‌شود. در مطالعه‌ای بر روی گندم (Johnson & Woodhouse, 1990) گزارش شد که کاربرد سوپرجاذب باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. مطالعات دیگر روی سایر گیاهان ازجمله گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) نیز بیانگر اثرات مثبت این ماده روی وزن خشک

گیاه از طریق بهبود نفوذپذیری خاک است، به‌طوری‌که این ماده می‌تواند نسبت به عدم کاربرد آن ۴۲درصد وزن خشک ریشه گیاه رزماری را افزایش دهد (Ziaei *et al*., 2016). همان‌طورکه نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد با کاربرد سوپرجاذب مقدار وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد و بعد از یک مقدار مشخصی از سوپرجاذب (۲۰۰کیلوگرم در هکتار) میزان وزن خشک ریشه کاهش می‌یابد که احتمالاً می‌تواند نشان‌دهنده اثرات بازدارندگی این ماده در زمینه رشد گیاه در مقادیر زیاد آن باشد (جدول ۳).

وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن اندام هوایی به ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات متقابل آبیاری و منطقه و سوپرجاذب و آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. همچنین در زمینه نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، اثرات اصلی منطقه، آبیاری و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر این صفت در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در منطقه کوهدشت و دور آبیاری پنج‌روز بود و کمترین مقدار آن نیز در همین منطقه و در دور آبیاری زیادتر یعنی دور آبیاری ۱۵روز ثبت گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد به‌طور میانگین در سطح دو منطقه، با افزایش دور آبیاری پنج‌روز به دور آبیاری ۱۵روز، مقدار وزن خشک اندام هوایی ۹درصد کاهش یافت. در واقع افزایش دور آبیاری از طریق ایجاد محدودیت بر جذب مواد غذایی توسط گیاه و همچنین کاهش مقدار فتوسنتز باعث کاهش عملکرد اندام هوایی گیاه می‌شود. نتایج مطالعه Sadeghipour & Aghaei (2014) نیز مؤید نتایج تحقیق حاضر بود، به‌طوری که افزایش تنش آبی (آبیاری پس از۱۰۰میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) بر گیاه ماش باعث شد زیست‌توده این گیاه، ۳۲درصد نسبت به شرایط عدم کمبود آب خاک کاهش یابد. بااین‌حال این اثر تنش آبی می‌تواند با کاربرد سوپرجاذب کاهش یابد. بر اساس نتایج (شکل۳) به‌طور میانگین در تیمارهای دور آبیاری زیاد (۱۰ و ۱۵روز آبیاری) که دارای کمبود آب خاک هستند، کاربرد یک مقدار بهینه از سوپرجاذب (۲۰۰کیلوگرم در هکتار) وزن خشک اندام هوایی را تا ۸/۷درصد افزایش داد. این پلیمر با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و آب در خاک باعث کاهش کمبود آب خاک می‌شود (Pouresmaeil *et al*., 2012). نتایج به‌دست‌آمده، در راستای تحقیقات دیگر بود که نشان می‌دهد سوپرجاذب از طریق افزایش نگهداری آب در خاک باعث کاهش اثرات تنش آبی بر روی گیاه سویا می‌شود و عملکرد را تا ۱۰۰۰کیلوگرم در هکتار افزایش می‌دهد.



شکل ۳- وزن خشک اندام هوای گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 3. Shoot dry matter of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent
Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که بین هر دو منطقه موردبررسی در دورهای مختلف آبیاری از لحاظ نسبت وزن اندام هوایی موردبررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴)، به این صورت که بیشترین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در منطقه کوهدشت و دور آبیاری پنج‌روز مشاهده شد و کمترین مقدار آن مربوط به شهرستان خرم‌آباد و دور آبیاری پنج‌روز بود. البته لازم به ذکر است که در هر منطقه به‌صورت مجزا، بین دورهای آبیاری اختلاف معنی‌داری ازنظر نسبت وزن اندام هوایی به ریشه مشاهده نشد. بااین‌وجود اختلاف دو منطقه به‌طور میانگین در تمام سطوح آبیاری برابر با ۱۴/۷درصد بود (جدول ۴). اختلاف بین نسبت وزن اندام هوایی به ریشه در دو منطقه موردمطالعه و همچنین عدم‌اختلاف بین دورهای آبیاری در سطح هر منطقه می‌تواند بیانگر متفاوت‌بودن خصوصیات خاکی هرکدام از مناطق موردمطالعه باشد، چراکه توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این‌که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). همان‌طورکه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، بافت خاک منطقه کوهدشت (سیلتی رسی لوم)، بافتی سنگین‌تر است که باعث می‌شود نفوذ ریشه و رشد آن نسبت به خرم‌آباد کاهش یابد.

جدول ۴- تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه و سطح کل ریشه‌ها و وزن خشک اندام هوایی در دو منطقه خرم‌آباد و کوهدشت

Table 4. The effect of different periods of irrigation on grain yield, the weight ratio of shoot to root, total root area and shoot dry matter in two locations (Khorramabd and Kuhdasht)

منطقه location	دورهای آبیاری Irrigation periods	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	نسبت وزن اندام هوایی به ریشه The weight ratio of shoot to root	سطح کل ریشه‌ها Total root area (cm^2.plant)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter (g.plant)
Khorramabd	5-day	1658^b	31.9^b	13^a	37.4^{ab}
	10-day	1538^{bc}	30.8^b	11.9^b	36.5^{ab}
	15-day	1372^b	30.5^b	10.4^c	35.8^{ab}
Kuhdasht	5-day	1917^a	46.5^a	7.33^d	37.75^a
	10-day	1626^b	45.7^a	6.64^{de}	35.2^b
	15-day	1375^d	45.2^a	5.94^e	32.6^c

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column, means with the same letter are not significantly different at the 0.05 probability level.

سطح کل ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل منطقه و آبیاری بر صفت سطح کل ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار سطح ریشه برابر با هفت‌سانتی‌مترمربع بود (جدول۴). همچنین بیشترین مقدار سطح کل ریشه مربوط به دور آبیاری پنج‌روز در خرم‌آباد و کمترین مقدار آن نیز مربوط به دور ۱۵روز در کوهدشت بود. نتایج این مطالعه همین‌طور نشان‌دهنده تأثیر نوع منطقه (بافت خاک) و کمبود آب خاک بر این صفت بود، به‌طوری‌که افزایش کمبود آب خاک می‌تواند از طریق تغییر در پراکندگی ریشه (Benjamin & Nielsen, 2006) سطح ریشه را کاهش دهد (Dargahi *et al*., 2012). همچنین سطح ریشه در خاک‌هایی با بافت سنگین‌تر (مانند کوهدشت) با توجه به محدودیت گسترش آن، کاهش پیدا می‌کند و توسعه ریشه در خاک‌های سبک بیشتر است. در یک تحقیق روی سویا و نخود نشان داده شد که نخود بیشترین سطح ریشه را در شرایط آبیاری نسبت به شرایط بدون آبیاری دارد و این موضوع به‌دلیل تغییر پراکندگی ریشه بین شرایط آبیاری و بدون آبیاری است (Benjamin & Nielsen, 2006).

بیشترین و کمترین مقدار سطح کل ریشه در سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب نیز در تیمار مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف مشاهده شد و در شرایط استفاده از سوپرجاذب مقدار سطح کل ریشه ۶۲درصد افزایش یافت (جدول ۳). بر این اساس، افزایش سوپرجاذب باعث بهبود سطح کل ریشه گردید و این افزایش سطح تا حدی از مصرف سوپرجاذب ادامه یافت، به‌طوری‌که بعد از آن، افزایش بیش‌ازحد باعث کاهش سطح ریشه گردید (جدول۳). به‌طورکلی گیاه معمولاً با تولید سیستم ریشه‌ای عمیق، به‌منظور افزایش جذب آب از خشکی اجتناب می‌کند، ولی هنگامی که آب در دسترس باشد (به‌ویژه در مراحل اولیه رشد)، گیاه با توسعه سیستم ریشه‌ای فرعی اقدام به جذب آب می‌نماید (Martınez *et al*., 2003). در واقع کاربرد سوپرجاذب نیز از طریق بهبود نفوذپذیری و فراهمی و دردسترس‌قراردادن رطوبت برای گیاه

باعث افزایش توسعه ریشه‌های افشان می‌شود که به موازات آن سطح کل ریشه گیاه افزایش می‌یابد. با افزایش مصرف سوپرجاذب سطح ریشه گیاه تا حد مشخصی افزایش و بعدازآن کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار سطح ریشه (۳۶/۸۵سانتی‌مترمربع) در سطح ۰/۲درصد وزنی سوپرجاذب به‌دست آمد و با افزایش به سمت ۰/۴درصد وزنی سوپرجاذب مقدار سطح ریشه ۲/۷۴سانتی‌مترمربع کاهش یافت. در واقع اگر سوپرجاذب به‌صورت غیراصولی و غیربهینه به مقدار زیاد به کار برده شود، از طریق ایجاد شرایط بی‌هوازی (Asgari & Behdani, 2016) باعث اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه می‌شود (Arabi *et al.*, 2015).

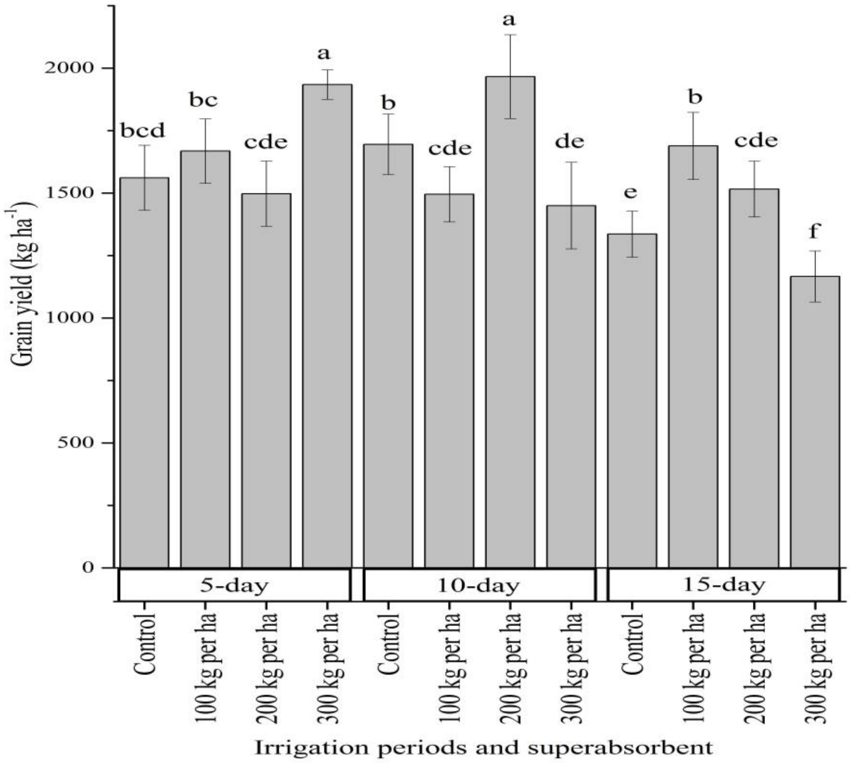
طول کل ریشه‌ها

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری و سوپرجاذب بر صفت طول کل ریشه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که به‌طورکلی صفت طول کل ریشه در منطقه خرم‌آباد در مقایسه با منطقه کوهدشت ۴/۱سانتی‌متر بیشتر بود (شکل ۱). در بین دورهای مختلف آبیاری، اختلاف بیشترین و کمترین دور از نظر طول کل ریشه، یک‌سانتی‌متر بود (شکل۲). همچنین نتایج نشان داد که با کاربرد ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب نسبت به عدم کاربرد سوپرجاذب، طول ریشه به مقدار ۳۰درصد افزایش یافت (جدول ۳). در شرایط محدودیت آب، ریشه برای جذب آب به سمت لایه‌های پایین‌تر رشد کرده تا بتواند با جذب آب، نیاز گیاه را برآورده نماید. در تحقیقی گزارش شد که ریشه‌های گیاهان در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) یا آبیاری مجدد بعد از تنش، لایه‌های کم‌عمق خاک را برای رشد ترجیح می دهند، اما در شرایط تنش آبی، ریشه‌ها بیشتر در لایه‌های عمیق‌تر خاک که مرطوب هستند، رشد می‌کنند تا بدین‌وسیله آب مورد نیاز گیاه را تأمین نمایند (Asseng *et al.*, 1998). مطالعات نیز مؤید این موضوع هستند که افزایش تنش آبی باعث افزایش طول ریشه گیاه می‌شود. به‌عنوان‌مثال تنش خشکی (۵۰درصد نیاز آبی) نسبت به شرایط بدون تنش مقدار ریشه کنجد (*Sesamum indicum*) را ۱۸/۶۵سانتی‌متر افزایش داد (Dargahi *et al.*, 2012). در زمینه عدم تأثیر سوپرجاذب در سطوح مختلف دور آبیاری بر صفات ریشه در مقایسه با صفات هوایی شاید بتوان به این مطلب اشاره کرد که اگرچه کل رشد گیاه در خلال کمبود آب کاهش می‌یابد، اما ریشه در مقایسه با رشد اندام هوایی در این شرایط از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار است. توسعه ریشه‌های گیاه علاوه بر این‌که یک صفت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی که در آن رشد می‌کند نیز وابسته است (Alizadeh, 2010). در واقع با توجه به محیط بهتر ریشه‌ها تأثیر سوپرجاذب بر صفات ریشه‌ای کمتر می‌شود. از طرف دیگر در شرایط کمبود آب، فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری به ریشه‌ها نسبت به شاخه‌ها تخصیص داده می‌شود و درصورتی‌که این کمبود آب زیاد شود، با بسته شدن‌روزنه‌ها باعث کاهش رشد پیکر رویشی و افزایش رشد ریشه‌ها می‌شود (Ziaei *et al.*, 2016). این موضوع خود بر کمترشدن تأثیر سوپرجاذب بر روی صفات ریشه‌ای تأثیر زیادی دارد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی منطقه، آبیاری، سوپرجاذب و همچنین اثرات متقابل آبیاری و منطقه، منطقه و سوپرجاذب، آبیاری و سوپرجاذب معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین اختلاف ایجادشده به‌واسطه دور آبیاری و منطقه در زمینه عملکرد برابر با ۵۹۰کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای دور آبیاری پنج‌روز در منطقه کوهدشت و دور آبیاری ۱۵روز در منطقه خرم‌آباد بود (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین آبیاری در سطوح مختلف سوپرجاذب نشان داد که برهمکنش این دو فاکتور قادر به ایجاد اختلاف زیادی در عملکرد دانه به مقدار ۸۰۰کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۰روز و مصرف ۲۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۵روز و مصرف ۳۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بود (شکل ۴). اثرات مثبت کاربرد سوپرجاذب بر کاهش اثرات منفی تنش آبیاری در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Fazeli Rostampour *et al.*, 2011; Pouresmaeil *et al.*, 2012). سوپرجاذب در همه دورهای آبیاری باعث افزایش عملکرد شد (شکل۴). همچنین در دورهای آبیاری زیاد تأثیر افزایش عملکرد این ماده نسبت به عدم مصرف آن بیشتر مشخص بود. به‌طورکلی در دور آبیاری کم (دور پنج‌روز) با افزایش کاربرد آن تا سطح بسیار زیاد باعث افزایش عملکرد می‌شود و در دورهای آبیاری زیاد به‌ویژه دور آبیاری ۱۵روز عملکرد دانه را نه‌تنها افزایش نمی دهد، بلکه نسبت به همین دور آبیاری و عدم کاربرد سوپرجاذب، عملکرد دانه را به‌شدت کاهش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقادیر زیاد سوپرجاذب و مقدار غیربهینه آن در دورهای آبیاری کم، فاقد محدودیت برای رشد گیاه هستند، ولی همین مقادیر در تیمارهای زیاد، حساسیت بیشتری برای گیاه ایجاد می‌کنند. علت این کاهش احتمالاً به

خاطر حالت بازدارندگی این پلیمرها در مقدارهای کاربرد زیاد آن‌ها است. این حالت بازدارندگی می‌تواند درنتیجه حجیم‌شدن پلیمر و اشغال فضای زیاد در خلل و فرج خاک باشد که منجر به محدودشدن تنفس، جذب مواد غذایی و سایر اعمال حیاتی ریشه می‌گردد. در یک تحقیق (Arabi *et al.*, 2015) بر روی کاربرد اثر سطوح مختلف آبیاری و هیدروژل سوپرجاذب بر کارکرد گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) مشخص شد که با افزودن ۱۰۰کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، تمامی صفات مورد ارزیابی در این مطالعه افزایش معنی‌داری نشان دادند، اما با افزایش مقدار سوپرجاذب از ۱۰۰ به ۲۰۰کیلوگرم در هکتار، به علت بازدارندگی این پلیمر از طریق اختلال در تنفس و جذب مواد غذایی برای ریشه، کاهش معنی‌داری در تمامی صفات موردمطالعه مشاهده گردید.



شکل ۴- عملکرد دانه گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

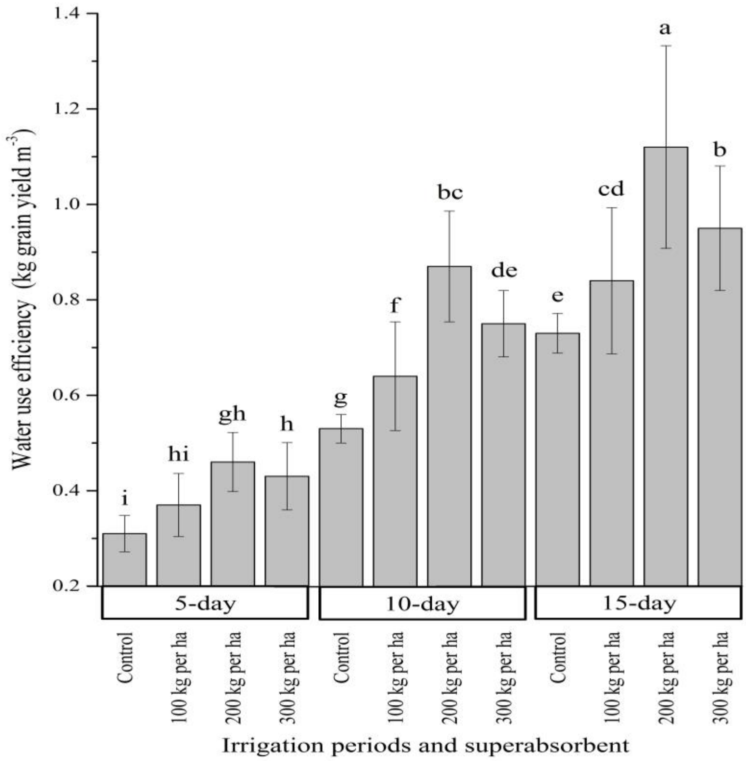
مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 4. Grain yield of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent
Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

کارآیی مصرف آب

در بین اثرات مختلف تیمارهای آزمایش بر روی صفت کارآیی مصرف آب فقط اثرات ساده دور آبیاری و سوپرجاذب (در سطح یک‌درصد) و اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب در سطح پنج‌درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طور متوسط در سراسر دو منطقه موردبررسی، در بین تیمارهای مختلف آبیاری در زمینه کارآیی مصرف آب (اختلاف به میزان ۰/۸۱کیلوگرم عملکرد دانه بر مترمکعب آب مصرفی)، بیشترین کارآیی مصرف آب در تیمار کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب و دور آبیاری ۱۵روز و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب (تیمار شاهد) و دور آبیاری ۵روز مشاهده شد (شکل ۵). برهمکنش بین مقدار عملکرد و مقدار مصرف آب تعیین‌کننده کارآیی مصرف آب است. در واقع تیمار کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب و دور ۱۵روز آبیاری نسبت به سایر تیمارها دارای مقدار عملکرد بیشتری به نسبت آب مصرفی بود. همان‌طورکه قبلاً اشاره شد، بیشترین عملکرد دانه در سطح ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب به‌دست آمد (شکل ۵) و کاربرد بیشتر سوپرجاذب نه‌تنها باعث افزایش عملکرد دانه نشد، بلکه آن را کاهش داد. همچنین در تیمار ۱۵روز دور آبیاری (۱۵۰۰مترمکعب آب در هکتار) آب کمتری در مقایسه با دور

پنج‌روز آبیاری (۴۵۰۰ مترمکعب آب در هکتار) مصرف شد که این موضوع، در مجموع موجب برتری برهمکنش ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب×دور آبیاری ۱۵روز نسبت به سایر برهمکنش‌ها از کارآیی مصرف آب شد. این نتایج با نتایج سایر مطالعات نیز مطابقت دارد (Haghighat Talab & Behbahani, 2006; Wu *et al*., 2008) در این تحقیقات نشان داده شده است که سوپرجاذب از طریق نگهداری بیشتر آب در خاک باعث افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود.



شکل ۵- کارآیی مصرف آب گیاه ماش تحت دورهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف سوپرجاذب

مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵درصد می‌باشد.

Fig. 5. Water use efficiency of mung been under the effect of different periods of irrigation and different levels of superabsorbent

Mean comparisons are based on the Duncan test at 5%.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد دور آبیاری زیاد در اکثر موارد باعث کاهش صفات مختلف شامل حجم ریشه، وزن خشک ریشه، نسبت وزن اندام هوایی به ریشه، سطح کل ریشه و عملکرد دانه گیاه ماش شد. این در حالی بود که در بین صفات موردبررسی در شرایط کمبود آب خاک (دور آبیاری زیاد) فقط طول کل ریشه افزایش یافت. با وجود این، تأثیرات منفی دورهای زیاد آبیاری به‌ویژه بر روی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب را می‌توان با استفاده از سوپرجاذب کاهش داد. نتایج همچنین نشان داد که با این‌که کاربرد سوپرجاذب باعث بهبود صفات مورفولوژیک ریشه گردید، اما استفاده بیش از اندازه آن موجب کاهش صفات ریشه‌ای و نیز کاهش عملکرد دانه گیاه ماش می‌گردد. همچنین در این تحقیق نشان داده شد که برای بهبود صفات ریشه‌ای و عملکرد دانه گیاه ماش کاربرد ۲۰۰کیلوگرم سوپرجاذب آکوازورب در هکتار مقدار بهینه است و بیشتر از آن نه‌تنها هزینه‌های اضافی را به‌همراه دارد، بلکه سبب کاهش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب نیز می‌گردد. درمجموع، با به‌کارگیری روش‌های پیشرفته مانند استفاده از سوپرجاذب‌ها، از طریق حفظ و ذخیره رطوبت در خاک و بهبود نفوذپذیری آب در خاک می‌توان گامی مؤثر در جهت بهره برداری از منابع محدود آب و افزایش کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه برداشت.

منابع

1. Alizadeh, A. (2010) Soil and Plant Water Relations. Publications Ferdowsi University of Mashhad. 516 pp. (In Persian).
2. Alizadeh, A. 2009. Water, Soil and Plant Relation. Astane Godse Razavi Publishers. (In Persian).
3. Arabi, Z., Kaboosi, K., Rezvantalab, N., and Torke Lalebagh, J. 2016. Effects of irrigation and super-absorbent hydrogels on morphological characteristics, yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisu*m L.). Journal of Crop Production 8(4): 51-66. (In Persian with English Summary).
4. Asgari, R., and Behdani, M.A. 2016. The role of superabsorbent polymers in sustainable agriculture. Zeitun 238: 20-23. (In Persian).
5. Asseng, S., Ritchie, J.T., Smucker, A.J.M., and Robertson, M.J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil 201: 265-273.
6. Atkinson, D. 2000. Root Characteristics: Why and What to Measure. In: Root Methods. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 1-32.
7. Azzam, R.A.I. 1980. Tailoring polymeric gels for soil reclamation and hydroponics. Communications in Soil Science and Plant Analysis 16(10): 1123-1138.
8. Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97: 248-253.
9. Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., and Rasoulzadeh, A. 2012. Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. Journal of Crop Production 5(4): 151-172. (In Persian with English Summary).
10. Du, Y.C., Nose, A., Wasano, K., and Uchida, Y. 1998. Responses to water stress of enzyme activities and metabolite levels in relation to sucrose and starch synthesis, the Calvin cycle and the C4 pathway in sugarcane (*Saccharum* sp.) leaves. Functional Plant Biology 25(2): 253-260.
11. Fazeli Rostampour, M., Seghatoleslami, M., and Mousavi, G.H. 2011. The effect of water deficit and polymer (superabsorbent A200) on yield and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) in Birjand. Environmental Stress in Crop Sciences 4(1): 11-19. (In Persian).
12. Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 101-110. (In Persian with English Summary).
13. Haghighat Talab, A., and Behbahani, M.R. 2006. Model of water consumption optimization in hydroponic greenhouses by using super absorbent polymer PR3005A. In: Proceedings of the 1st Irrigation and Drainage Network Management National Conference, Ahwaz. (In Persian).
14. Haghighi, M., Mozafarian, M., and Afifipour, Z. 2014. The effect of superabsorbent polymer and different withholding irrigation level on some qualitative and quantitative traits of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal of Horticultural Science 28(1): 125-133. (In Persian with English Summary).
15. Islam, M.R., Hu, Y., Mao, S., Mao, J., Eneji, A.E., and Xue, X., 2011. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(11): 1998-2005.
16. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2013. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). Journal of Agroecology 3(2): 71-90. (In Persian with English Summary).
17. Johnson, M.S., and Woodhouse, J. 1990. Effect of super absorbent polymers on efficiency of water use by cropseeding. ournal of the Science of Food and Agriculture 52: 431-434.
18. Keck, T.J., Wagent, P., Campbell, W.F., and Knighton, R.E. 1984. Effect of water and salt stress on growth and acetylene reduction in alfalfa. Soil Science 48: 1310-1315.
19. Keikha, M., Noori, M., and Keshtegar, A. 2016. Effect of salicylic acid and gibberellin on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research 7(2): 138-151. (In Persian with English Summary).
20. Lewis, D.C., and Mcfarlane, J.D. 1986. Effect of foliar applied manganese on the growth on sunflower (*Helianthus annuus* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. Australian Journal of Agricultual Research 37: 567-572.
21. Martınez, J.P., Ledent, J.F., Bajji, M., Kinet, J.M., and Lutts, S. 2003. Effect of water stress on growth, Na and K accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L. Plant Growth Regulation 41: 63-73.

22. Monnig, S. 2005. Watter saturated super-absorbent polymers used in high strength concrete. Otto- Graf-Journal 16: 193-202.
23. Osuagwu, G.G.E., Edeoga, H.O., and Osuagwu, A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology 2010: 2: 27-33.
24. Pouresmaeil, P., Habibi, D., Mashadi Akbar Boojar, M., Tarighaleslami, M., and Khishouei, S. 2012. Effects of superabsorbent application on agronomic characters of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4(24): 1874-1877.
25. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2014. Investigation the effect of drought stress and magnetized water on yield and yield components of mung bean. Journal of Crop Production Research 6(1): 79-86. (In Persian with English Summary).
26. Shaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R. 2011. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristicsand seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Seed and Plant Production 4: 451- 470. (In Persian with English Summary).
27. Tongo, A., Mahdavi, A., and Sayad, E. 2014. Effect of superabsorbent polymer aquasorb on chlorophyll, antioxidant enzymes and some growth characteristics of *Acaciavictoriae* seedlings under drought stress. Ecopersia 2(2): 571-583.
28. Wu, L., Liu, M., and Liang, R. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. Bioresource Technology 99: 547-554.
29. Yazdani, F., Allahdadi, I., Akbari, G.A., and Behbahani, M.R. 2007. Effect of different rates of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on soybean yield and yield components (*Glycine max* L.). Pajouhesh & Sazandegi 75: 167-174. (In Persian with English Summary).
30. Ziaei, A., Moghaddam, M., and Kashefi, B. 2016. The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology 7(2): 99-111. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 149-162 (Research Article)

Study the effects of superabsorbent on root characteristics and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.)

Soheilnejad[1], A., Mahdavi Damghani[2*], A., Liaghati[2], H. & Pezeshkpour[3], P.

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran; soheilnejad@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran; (mmd323@yahoo.com; h_liaghati@sbu.ac.ir, respectively)
3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Khorramabad, Iran; papezeshkpour@yahoo.com

Received: 25 December 2017
Accepted: 12 May 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.68714

Introduction

Water is an important economic resource in many parts of the world, especially in arid and semi-arid reigns. Also, drought stress is a major constraint for crop production in arid and semiarid regions, such as Iran. Drought stress affects different aspect of plant growth, through a series of morphological and physiological changes. Application of some soil conditioners, like superabsorbent polymers, could be effective for absorbing seasonal rain and suitable source of water for plant growth during dry seasons. These polymers can reserve different amounts of water in itself and so increases the soil ability of water storing and preserving and approve plant growth under water deficiency. Also, they can improve plant growth indices and increase its growth by changing the soil structure and improving the environmental conditions of plant growth. This experiment was conducted in order to study the effects of superabsorbent and irrigation period on root characteristics and yield of mung bean.

Materials & Methods

The field experiment was conducted at two locations during summer in 2015. First location was Khorramabad which located at 33.46° N, 48.33° E and has moderate and semi-humid climate with average annual rainfall of 504.3 mm. The second location was Kuhdasht that located at 33.52° N, 47.61° E and has semi-dry climate with average annual rainfall of 390.4 mm. The field experiment was carried out as a split-plot base on randomized complete block design with four replications. The treatments included irrigation period at three levels (5, 10, and 15 day) as main plots and four levels of superabsorbent polymer Aquasorb (control, 100, 200 and 300 Kg ha^{-1}) as subplot. Finally, at the end of growth period, 5 plants was used to measure mung bean traits included root volume, root dry matter, the weight ratio of shoot to root stem dry weight, total root area, total root length and grain yield. The volume and length of root was measured using the method of Atkinson (Atkinson, 2000). ANOVA and Duncan's Multiple Range Test were performed to determine and analyze the significant difference and means comparison respectively at $P<0.05$. SAS-9.1 software was used to do statistical analysis. Also, OriginPro 9.1 software was applied to draw figures.

Results & Discussion

The results of variance analysis showed that location and irrigation had a significant effect on all the evaluated properties. Also, superabsorbent had a significant effect on all the evaluated properties (except the weight ratio of shoot to root). In addition, interaction effects of superabsorbent and irrigation and superabsorbent and location were just significant on grain yield ($p<0.05$). Interaction effects of superabsorbent and irrigation was also significant on water use efficiency (WUE) ($p<0.05$). Interaction effects of location and irrigation were significant on attributes such as the weight ratio of shoot to root, grain yield ($p<0.01$) and total root area ($p<0.05$). Results indicated that drought stress reduced root volume and root dry weight and increased total root length traits and root dry weight, increasing the total length of the

***Corresponding Author:** mmd323@yahoo.com

roots so that the lowest root volume (3.11 cm^3 $Plant^{-1}$) and root dry weight (0.93 g. $Plant^{-1}$) and the highest total root length (9.1 cm $Plant^{-1}$) was recorded at 5-day irrigation period. However, all these traits and grain yield were increased by applying the super superabsorbent polymer. The highest root volume (3.62 cm^3 $Plant^{-1}$), root dry weight (1.1 g $Plant^{-1}$) and total root length (9.8 cm $Plant^{-1}$) were obtained at 200 kg superabsorbent per ha. The highest WUE (1.12 Kg grain yield m^{-3}) was obtained at 200 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period and the lowest (0.31 Kg grain yield m^{-3}) was recorded at control and 5-day irrigation. Also, across irrigation periods and locations, the difference between the highest (200 Kg superabsorbent per ha and 10-day irrigation period) and lowest (300 Kg superabsorbent per ha and 15-day irrigation period) grain yield was 800 Kg per ha. Actually by increasing superabsorbent per ha, grain yield was increased but it improved until a certain level of superabsorbent and after that grain yield was reduced. Result showed that although the interaction of irrigation period and superabsorbent was not significant on root morphological characteristics, effects of superabsorbent was significant on root morphological characteristics and these traits of mung bean were improved by applying superabsorbent.

Conclusion

Generally, results revealed that the Aqasorb superabsorbent hydrogel can improve the morphological characteristics of mung bean root and can reduce the negative impact of the high periods of irrigation on grain yield and WUE of mung bean. Thus, applying superabsorbent that has the ability of absorbing considerable amount of water, caused improving in physical conditions of soil and affected the plants response to water stress indirectly and can help plants in water shortage conditions. Also, the amount of optimal application of Aqasorb superabsorbent is 200 Kg ha^{-1} and using more than 200 Kg superabsorbent per ha (especially in the high periods of irrigation) will reduce grain yield, WUE and the morphological characteristics of mung bean root and will increase the cost of production.

Keywords: Grain yield, Locations, Root volume, Total root length